

La pletismografia a luce strutturata nella valutazione funzionale del wheezing prescolare

Structured light plethysmography in the functional assessment of preschool wheezing

Michele Ghezzi¹, Laura Tenero²

¹*Clinica Pediatrica, Ospedale dei Bambini Buzzi, Università di Milano, Milano*

²*Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata di Verona, Unità Operativa Complessa di Pediatria*

Corrispondenza: Michele Ghezzi, Laura Tenero **e-mail:** michele.ghezzi@asst-fbf-sacco.it; laura.tenero@univr.it

Riassunto: La pletismografia a luce strutturata (SLP) è una nuova tecnica, non invasiva e priva di contatto diretto con il paziente per valutare la funzionalità respiratoria anche nel bambino in età prescolare. La tecnica valuta i cambiamenti del volume polmonare durante gli atti respiratori a volume corrente analizzando il movimento della parete toracica e addominale. In letteratura alcuni studi hanno dimostrato l'utilità di tale tecnica nella valutazione delle patologie ostruttive pediatriche e in pazienti con patologie neuromuscolari. Al momento attuale non sono ancora stati definiti valori di normalità stratificati e pertanto saranno necessari ulteriori studi per valutare l'introduzione della SLP nella pratica clinica.

Parole chiave: pletismografia a luce strutturata (SLP), bambini, età scolare.

Summary: Structured light plethysmography (SLP) is a new, non-invasive and non-contact technique for assessing respiratory function in preschool children. The technique assesses changes in lung volume during tidal volume breathing by measuring the movement of the chest and abdominal wall. Some studies have shown the usefulness of this technique in the evaluation of pediatric obstructive diseases, and in patients with neuromuscular diseases. At present, stratified normality values have not yet been defined and therefore further studies will be needed to evaluate the introduction of SLP into clinical practice.

Keywords: Structured light plethysmography (SLP), preschool, children.

INTRODUZIONE

La valutazione della funzionalità respiratoria è parte essenziale e integrante nell'inquadramento clinico-funzionale del bambino con patologia respiratoria. Negli ultimi decenni lo sviluppo di nuove tecniche di misurazione non invasiva dei volumi polmonari, soprattutto in ambito pediatrico, ha permesso la misurazione della funzionalità respiratoria anche nel bambino non collaborante in età prescolare.

Queste tecniche possono fornire informazioni utili relative allo sforzo ventilatorio o stimare i cambiamenti nei volumi polmonari. Tuttavia, richiedono il contatto fisico con il paziente e il posizionamento di *device* o boccagli che possono rappresentare un limite nel paziente pediatrico. La pletismografia a luce strutturata (SLP) è stata proposta come una metodica nuova, non invasiva e che non necessita del contatto diretto con il paziente. Essa permette la valutazione dei cambiamenti del volume polmonare durante gli atti respiratori a volume corrente analizzando il movimento della parete toracica e addominale (1).

LA TECNICA

La SLP è stata sviluppata da un gruppo di studiosi dell'Università di Cambridge (UK) nel 2010 (2). Questa tecnica, attraverso l'utilizzo di una luce strutturata e non invasiva è in grado di misurare i movimenti dinamici del torace e della parete addominale durante gli atti respiratori. Ciò è reso possibile mediante la proiezione di una griglia sul torace del paziente e la valutazione delle variazioni delle intersezioni dei quadranti durante gli atti respiratori mediante algoritmi matematici. La SLP utilizza un fascio di luce bianca non UV che viene proiettato sul torace del paziente formando una griglia a scacchiera come riportato in **figura 1**. Ai lati del

proiettore sono collocati due *detector* sensibili (30 fotogrammi per secondo), che rilevano i movimenti toracici ed addominali durante il normale atto respiratorio. I punti di intersezione dei quadrati bianchi con quelli neri vengono utilizzati per costruire una registrazione dinamica del movimento della parete toracica che successivamente, attraverso principi matematici, viene rielaborata in una ricostruzione tridimensionale su un *monitor* di un *personal computer*. Attraverso l'analisi dei movimenti della parete toraco-addominale vengono quindi estrapolati i flussi d'aria polmonari (3, 4, 5).

La SLP consente inoltre la valutazione delle differenti zone del torace in relazione ai movimenti respiratori, come ad esempio differenziare torace e addome e i lati destro e sinistro della parete toracica, dati non rilevabili con i tradizionali test di funzionalità polmonare.

Dal punto di vista pratico, la misurazione può essere eseguita sia con il paziente seduto che in posizione supina (preferibile nel paziente in età prescolare), a torace nudo o con indossata una maglietta bianca. Viene proiettata la griglia sul torace del paziente facendo in modo che il centro della stessa coincida con la base dello sterno del bambino. Durante la registrazione è necessario che il bambino rimanga fermo per tutto il tempo dell'esame (3-5 minuti).

I parametri rilevati dallo strumento, come la frequenza respiratoria (RR), il tempo inspiratorio (tI) e il tempo espiratorio (tE), hanno mostrato una buona correlazione con i parametri rilevati mediante pneumotocografo (6).

Uno dei parametri fondamentali che ci fornisce tale metodica è l'IE50 definito come il rapporto tra flusso inspiratorio ed espiratorio al 50% del volume corrente (IE50). Un valore aumentato di IE50 suggerisce una limitazione del flusso espiratorio.

Inoltre, è possibile analizzare il contributo relativo di diverse regioni (torace e addome, ad esempio) ai movimenti respiratori (*Relative Expired*), così come valutare la sincronia dei movimenti tra diverse regioni (*Phase*).

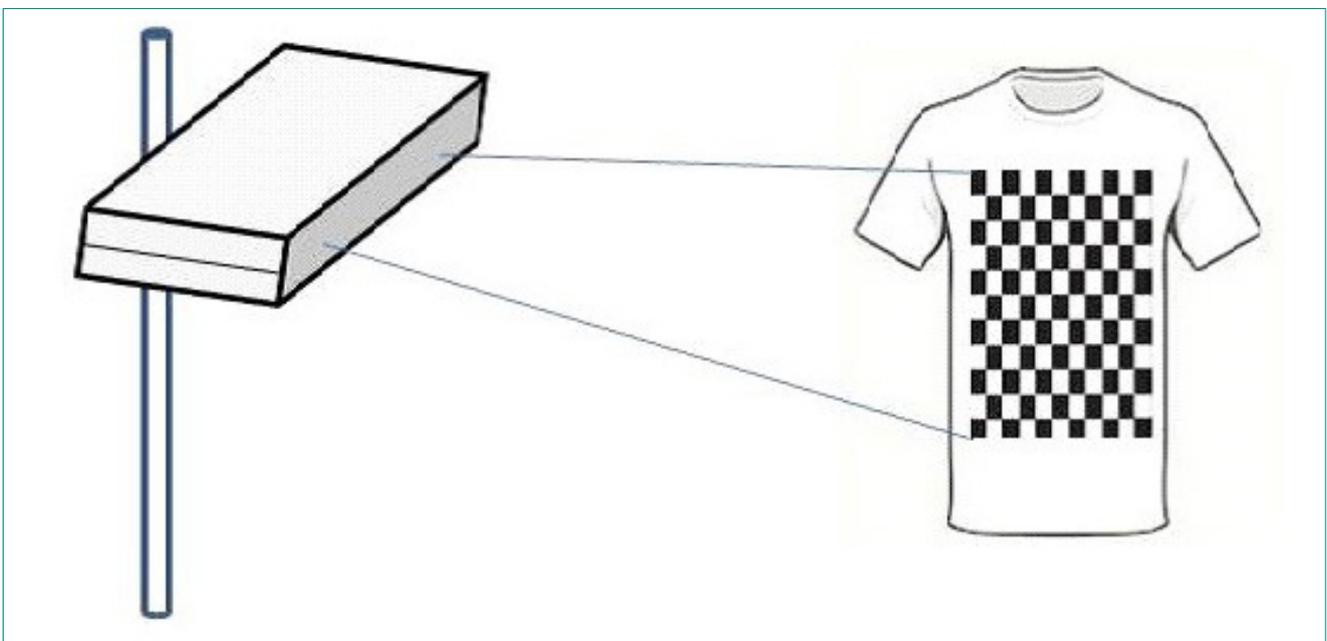


Fig. 1: Utilizzo clinico della SLP

APPLICAZIONI: REVISIONE DEGLI STUDI IN LETTERATURA

Uno dei primi studi, condotto su pazienti adulti, è stato in grado di dimostrare che i parametri respiratori, durante la respirazione a volume corrente, ottenuti con la SLP correlavano con analoghi risultati ottenuti attraverso il pneumotacografo, strumento *gold standard* per questo tipo di valutazione. Sono stati studiati 20 pazienti adulti, sottoposti a contemporanea esecuzione di SLP e pneumotacografia per 45 secondi: la correlazione di Pearson per i diversi parametri presi in considerazione (in particolare la frequenza respiratoria, il tempo inspiratorio, il tempo espi-

ratorio e il rapporto IE50) è risultata nel *range* 0.95–0.99 sia considerando ciascuna rilevazione per atto respiratorio che la media delle rilevazioni di ciascun paziente. La differenza tra le rilevazioni medie di ciascun parametro coi due strumenti è risultata inferiore al 10% e considerata quindi come clinicamente non significativa; solo la rilevazione di IE50 differiva fino al 20%. Lo stesso tipo di valutazione è stata ripetuta in 20 controlli sani con risultati analoghi. Tale livello di concordanza tra le due rilevazioni si è confermata anche ripetendo le valutazioni dopo sforzo fisico, con conseguente aumento della frequenza respiratoria media (7).

In un altro studio, 30 adulti affetti da bronco pneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e 30 adulti sani sono stati sottoposti analogamente a simultanea valutazione dei parametri respiratori durante respirazione a volume corrente tramite SLP e pneumotacografo. I parametri ottenuti non hanno mostrato differenze significative mentre è stato possibile evidenziare la presenza di una maggiore variabilità degli atti respiratori, rispetto al pneumotacografo, durante la registrazione con SLP, tecnica che non richiede l'utilizzo del boccaglio (8).

La SLP permette di quantificare il contributo relativo di diverse regioni e la presenza di asincronia tra le stesse ed è stato per questo utilizzato per studiare 15 pazienti adulti, sottoposti a lobectomia (9) o a resezione a cuneo (10). È stato possibile dimostrare la riduzione della partecipazione ai movimenti respiratori dell'emilato sottoposto a chirurgia, pur in assenza di asincronia tra i due emilati, e un aumento del grado di asincronia dei movimenti toraco-addominali. Nei pazienti sottoposti a lobectomia si è osservata una riduzione significativa dei movimenti dell'emilato sottoposto a intervento, così come un significativo incremento degli indici di asincronia dei movimenti respiratori, mentre non sono state riscontrate differenze significative in pazienti sottoposti a resezione a cuneo (11).

L'analisi dei valori ottenuti con SLP in 31 adulti affetti da BPCO rispetto a 31 controlli sani ha dimostrato una riduzione significativa del tempo inspiratorio medio, nonché un incremento significativo di IE50 (IE50 1.21 ± 0.31 vs 1.68 ± 0.58 , $p < 0.001$) e dell'asincronia toraco-addominale nei pazienti affetti da BPCO (12).

APPLICAZIONI IN AMBITO PEDIATRICO: ASMA E WHEEZING PRESCOLARE

La SLP come dimostrato dagli studi su pazienti affetti da BPCO può risultare utile nell'evidenziare alterazioni del *pattern* respiratorio di tipo ostruttivo e, dal momento che richiede minima collaborazione da parte del paziente, ha trovato applicazione in diversi studi in ambito pediatrico. Un primo studio condotto da *Hmeidi et al.* ha arruolato 30 bambini asmatici di età compresa tra 7 e 16 anni con valori alla spirometria di $FEV_1 < 80\%$ del predetto, nei quali spirometria e SLP sono state eseguite prima e dopo broncodilatazione; i risultati sono stati confrontati con i risultati ottenuti in 41 controlli sani di pari età.

IE50 così come la sua variabilità ($vIE50$) sono risultati significativamente aumentati nei bambini affetti da asma prima della broncodilatazione (IE50: 1.53 vs 1.22 , $p < 0.001$; $vIE50$: 0.63 vs 0.47 , $p < 0.001$). Dopo la somministrazione del broncodilatatore, IE50 ha mostrato una diminuzione significativa in accordo con i risultati della spirometria (1.53 vs 1.45 , $p = 0.01$).

IE50 ha inoltre dimostrato correlazione sia con FEV_1 (-0.49 , $p = 0.0054$) che con FEV_1/FVC (-0.38 , $p = 0.034$) nelle misurazioni basali (6).

In virtù delle caratteristiche intrinseche dello strumento è stato poi possibile, per lo stesso gruppo, eseguire SLP in bambini di età compresa tra 2 e 12 anni ricoverati per esacerbazione asmatica acuta. Anche in questo caso IE50 è risultato significativamente più alto nei bambini ricoverati rispetto a 54 controlli sani. Analogamente nei bambini con broncoostruzione acuta è stato osservato un aumento del grado di asincronia toraco-addominale e tra i due emilati. L'incremento dell'asincronia toraco-addominale è risultato inoltre maggiore nei bambini in età prescolare (2-5 anni) (13).

Nello studio condotto dal gruppo di Verona si è dimostrata la fattibilità di questa nuova tecnica, eseguita in 52 bambini di età compresa tra 3 e 16 anni, tra cui 10 pazienti in età prescolare; solo il 77% di questi bambini era stato invece in grado di eseguire la spirometria. IE50 è

risultato significativamente più alto nei soggetti con broncoostruzione acuta, rispetto a pazienti asmatici in buon controllo e ai controlli sani. Anche in questo caso è stata dimostrata una correlazione tra IE_{50} e FEV_1 (9).

ALTRE APPLICAZIONI IN AMBITO PEDIATRICO

Nonostante finora i maggiori riscontri in letteratura sono relativi al suo utilizzo in bambini con broncoostruzione, le possibili analisi sui movimenti respiratori e sulla sincronia dei diversi compartimenti ampliano le diverse possibili applicazioni della SLP.

La SLP è stata utilizzata, ad esempio, per quantificare la riduzione dei movimenti respiratori di un bambino di 15 anni ricoverato per polmonite lobare, dato coerente con i risultati della radiografia del torace e della spirometria (10).

Recentemente la SLP è stata utilizzata per studiare l'asincronia dei movimenti respiratori in pazienti affetti da distrofia muscolare di età compresa tra 5 e 18 anni (14).

La SLP è stata utilizzata anche per studiare la funzionalità respiratoria di 57 neonati, di cui 11 nati prematuri. Sono emersi valori significativamente maggiori di asincronia tra i due emilati nei bambini nati prematuri, mentre tutti gli altri parametri non hanno mostrato differenze significative (15).

CONCLUSIONI

La pletismografia a luce strutturata (SLP) è una metodica nuova, non invasiva e che non necessita del contatto diretto con il paziente. Richiede minima collaborazione da parte del paziente e per questo ha trovato applicazione anche in ambito pediatrico. Diversi lavori hanno dimostrato la possibile utilità nelle patologie ostruttive in età pediatrica e, in particolare, in età prescolare. Inoltre, interessanti studi pilota hanno dimostrato la possibile applicazione in ambiti specifici, come ad esempio nei pazienti affetti da malattie neuromuscolari.

La mancanza di valori di normalità stratificati per età ne limita al momento l'utilizzo in ambito clinico, per cui sono sicuramente necessari nuovi studi per definire i possibili vantaggi derivanti dall'introduzione di questa tecnica nella pratica clinica.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Parreira VF, Vieira DS, Myrrha MA, et al. *Optoelectronic plethysmography: a review of the literature*. Rev Bras Fisioter 2012; 16: 439-453
- (2) de Boer W, Lasenby J, Cameron J, et al. *SLP: a zero-contact non-invasive method for pulmonary function testing*. Proc. BMVC. Durham, UK: BMVA press, 2010; 85: 1-12.
- (3) Iles R, Motamedi-Fakhr S, De Boer W, et al. *Comparison of Tidal Breathing Indices Measured Simultaneously Using Pneumotachography and Structured Light Plethysmography (SLP)*. In American Thoracic Society International Conference Meetings Abstracts, 2015, A2111-A2111.
- (4) Usher-Smith J, Wareham R, Cameron J, et al. *Structured light plethysmography in infants and Children – a pilot study*. Arch Dis Child 2009; 94: A38-40.
- (5) Levai I, Kimber K, de Boer W, et al. *A novel method of chest wall movement analysis using Structured Light Plethysmography: A study on Elite Athletes vs “Normal” Subjects*. Eur Resp J 2013; 42: P3982
- (6) Hmeidi H, Motamedi-Fakhr S, Chadwick E, et al. *Tidal breathing parameters measured using structured light plethysmography in healthy children and those with asthma before and after bronchodilator*. Physiol Rep. 2017; 5(5):e13168.
- (7) Motamedi-Fakhr S, Iles R, Barney A, et al. *Evaluation of the agreement of tidal breathing parameters measured simultaneously using pneumotachography and structured light plethysmography*. Physiol Rep 2017; 5: e13124.

- (8) Nierat MC, Dube BP, Llontop C, et al. *Measuring ventilatory activity with structured light plethysmography (SLP) reduces instrumental observer effect and preserves tidal breathing variability in healthy and COPD*. *Front Physiol* 2017; 8: 316.
- (9) Ghezzi M, Tenero L, Piazza M et al. *Feasibility of structured light plethysmography for the evaluation of lung function in preschool children with asthma*. *Allergy Asthma Proc* 2018; 39: e42.